

三七四矿床综合物探方法找矿效果的探讨

黄绍华

(广西壮族自治区三〇五核地质大队, 广西 柳州 545005)

【摘要】本文对三七四矿床物探找矿方法应用及围岩与矿体的综合物性参数差异进行论述,对地表放射性地球物理场反应弱且以盲矿体为主的矿床,总结综合物探找矿方法在普查和勘探工作中发挥的积极作用,并分析各种物探方法找矿的效果,为矿床进一步扩大探索及矿体地质研究提供重要依据。

【关键词】综合物探;构造;异常晕圈;三七四矿床

【中图分类号】P631

【文献标识码】A

【文章编号】2095-2066(2021)03-0067-03

DOI:10.16844/j.cnki.cn10-1007/tk.2021.03.033

摩天岭三七四矿床控制工业矿体中 99.1%属盲矿体,因而找矿难度大,作为一个地质研究程度较高,物探方法开展较全的典型实例,研究它综合物探方法的找矿效果,对于新一轮扩大矿区以及整个摩天岭岩体的找矿成果具有重大意义。

1 地质概况

三七四矿床产于雪峰期摩天岭花岗岩体中部偏东乌指山硅化断裂带(Fw)南段,内部相(γ_2^{20})片麻状粗粒变斑状黑云母花岗岩中。

岩体内以新华夏系 NNE 向压扭性Ⅲ级断裂——乌指山硅化断裂带(Fw),高武硅化断裂带(Fg)以及梓山坪硅化断裂带(Fz)为主,并与 NWW 向张扭性断裂配套成构造骨架。岩体主体分为内部相(出露占 48.4%)、过渡相(出露占 41.2%)和边缘相。主要岩性为粗粒黑云母花岗岩,集中分布在岩体中部;细粒黑云母花岗岩主要分布在岩体边缘和高山顶部;中粗粒黑云母花岗岩则分布在岩体断凹陷附近,各个相带之间呈渐变过渡关系并无明显界线。矿化与断裂构造关系密切,地表 γ 异常在出露的断裂构造复合部密集,也与岩相有关,大部分 γ 异常均分布在过渡相中。

矿区范围内,乌指山硅化断裂带(Fw)以 NE20°走向纵贯南北,与 NW 组断裂构造配套组成矿区的构造骨架。铀矿化的空间分布主要受 Fw 的膨胀转折变异部位的控制。矿体全部集中分布在 Fw 主压面的产状变异膨大部位之上、下盘的狭小范围内。矿体赋存于与主干断裂呈入字形相交的次级断裂(Fw 上盘的 F_1 、 F_2)和帚状构造主旋回面(Fw 下盘的 F_{10} 、 F_{11}^1 、 F_{11}^2 和 F_{12})两侧,反映了矿床上的构造控矿特征是从属于整个岩体的铀矿化空间分布基本特征的。

对应于三七四矿床的乌指山硅化断裂带三角面,最大出露宽度达 170 m。主要岩性为次生石英岩、构造角砾岩及硅化

花岗岩破碎岩等。

大部出露地表的 F_1 构造带在平面上近似与 Fw 平行(走向 NE25°),分布于上蚀变带(Ss)中,倾向 NW,属压扭性左行断裂,在地表与 Fw 相距 50~80 m,在剖面上沿倾向与 Fw 相交。 F_1 构造带中充填物较复杂,主要以微晶石英岩、紫黑色萤石脉以及矿后期广泛发育的含砾构造泥等。 F_1 是 Fw 上盘的主要铀矿化构造带。

F_{10} 、 F_{11}^1 、 F_{11}^2 、 F_{12} 为一组完全隐伏在深部的含矿构造。由四个张扭性主旋回面组成帚状构造展布在 Fw 下盘。充填物以富含与沥青铀矿紧密共生的胶状黄铁矿、杂色玉髓——微晶石英脉、紫黑色萤石脉等矿期脉体为主。

2 三七四矿床在区域地球物理场中的地位及其找矿意义

摩天岭岩体的区域放射性地球物理场是以纵贯岩体中部的区域大断裂构造(Fg)为对称轴,偏高场对应展布在轴的东西两侧,并在中段部位连接。三七四矿床处在地球物理场东翼中部之内侧边缘。其场值落于偏高场之中中低场部位。场的梯度变化在三七四矿床上已经减缓,剩差分量无异常反映。地表 γ 异常少密度小于 9 个/km²,呈线式展布。

三七四矿床在区域上处在岩体放射性地球物理场偏高场中的低、缓部位,是一个微弱的异常信息,不易引起重视。区域性地面 γ 普查效果不显著,在矿床的普查与浅部揭露工作的初级阶段,未能指出它的 I 级远景意义。随着研究工作的深入,这个低、缓场的找矿意义才显现出来,也为以后的矿床成因、岩体剥蚀、地球化学特征以及古地理、古气候等的研究提供线索和依据。

在成矿过程中,岩体经历了多次隆起上升和风化剥蚀,矿体界面以及氧化还原界面等“地球化学栅”不断分阶段下降,

表 1 三七四矿床岩(矿)石主要物性参数

岩(矿)石名称	伽玛强度/ γ	电阻率(ρ)/ $\Omega\cdot m$	极化率(η)/%	电磁吸收系数/(奈比/m)	密度/(g/cm^3)	备注
粗粒变斑状黑云母花岗岩	10~40	$5\times 10^2\sim 5\times 10^3$	0.80~2.40	0.029~0.037	2.65~2.68	
石英云母片岩	20~40	1500~6000	0.8~1.40	0.045~0.052	2.73~2.76	
绿泥石化花岗岩		550~1500	1.10~2.90		2.65	
绢云母化花岗岩	19~50	16 000~70 000	1.00~2.00	0.035~0.045		
蚀变构造岩 绢云母化硅化花岗岩	19~50	2800~55 000	1.3~5.90	0.035~0.058	2.63	
乳白色微晶石英岩	9~23	20 000~300 000	2.0~4.90		2.54~2.62	
未胶结的含矿构造泥	13~35	150~730	0.5~1.20	0.04~0.05		
铀矿石		3000~100 000	1.0~3.4	≥ 0.067	2.56~3.14	

导致具大型工业规模的三七四矿床上异常场受到掩盖, 偏高场受到削弱。岩体中铀克拉克值的离散变化也反映了低缓 γ 场的分布特征。三七四矿床的铀克拉克值为 4.1 ppm, 相比岩体中的平均值 8.17 ppm 有显著的偏低。岩石中铀含量的降低, 将导致 γ 强度减弱, 而岩体中、岩石中铀含量与 γ 强度呈正向线性相关, 其他天然放射性元素的含量甚微: 如钍($\overline{Th}=0.0011\%$)、钾($\overline{K}=3.1\%$), 不造成显著影响。

三七四矿床上的低缓 γ 场的内在实质就在于铀的矿化及其构造、岩体的剥蚀, 多次升降运动等因素的共同迭加。加强其研究, 将会开拓区域 γ 普查找矿方法的应用范围和提高远景成矿预测。

3 三七四矿床地球物理特征及其综合物探方法的应用前提

矿床范围内, 铀、镭迁移动态总的趋向平衡。相对平衡系数 $\overline{Kp}=96.4\%$, 变化系数为 9.7%。在地表、浅部趋向于镭, 深部则偏铀。低含量的岩矿石中铀的迁移率较之高含量矿石要大, 但变化幅度较小, 相对稳定。

矿床上钍、钾元素含量较低, 平均 $\overline{K}=3.14\%$, $\overline{Th}=0.00032\%$ 。钍含量随铀含量的增加而稍有增加, 钾含量则减小, 钍铀比值(Th/U)远小于 0.1, 其他天然放射性元素在矿区内含量甚微, γ 异常场主要是铀矿化原生晕和次生晕的地球物理反映。

岩石中 γ 强度的统计变化服从正态分布, 与单纯的构造变动本身无直接关系, 矿区内成矿期构造破碎带 F_1 的 γ 强度比原岩略有降低, $\overline{\gamma}$ 从 25 γ 降至 24 γ , 均方差 σ 从 4.5 γ 降至 4 γ 。硅化断裂带 F_w 在矿区内 γ 强度平均值为 $\overline{\gamma}=12\gamma$, 表现为最低, 但离散度较大, 均方差 σ 达 6 γ 。

矿床上视电阻率特性在构造断裂上呈现出中低阻, 并在顺构造断裂的走向方向形成小于 2000 $\Omega\cdot m$ 的中低阻带, 小于 500 $\Omega\cdot m$ 的低阻晕圈往往与铀的矿化关系密切, 硅化带内微晶石英岩是区内的高阻体, 视电阻率 ρ_k 在 5000~30 000 $\Omega\cdot m$ 之间。

矿体上的人工充电电位最大值相对于充电平面间有明显的位移, 表现为非点源场特征, 矿体与围岩的激发极化率存在一定差异, 但不显著不稳定。高频电磁波能量吸收效应在矿区 F_w 下盘地段则十分显著, 矿体为围岩的 2.7 倍。

正常岩的各向异性特性主要对高频电磁波反映突出, 横向往往大于纵向。

矿床内无地温异常特征表现, 地热增温率低于正常地热

增温率, 为 1 $^{\circ}C/322 m$ 。

矿床上各主要岩(矿)石物性参数值及统计值列于表 1 和表 2 中。

表 2 三七四矿床物性参数统计值

参数	变化范围	平均值	均方差	异常下限	备注
伽玛强度(γ)	11~50	28	8	52	
爱曼浓度($\partial\psi$)	8~90	32	18	86	
径迹密度(j)/ mm^2	22~400	140	100	340	
P_0^{210} 脉冲/(个/分)	12~180	80		100	为岩芯取样结果
包体爆裂数/个	4~250	120		200	

三七四矿床岩石物性稳定, 围岩与矿体的综合物性参数的差异明显, 放射性物理场的背景值服从正态分布规律, 变化梯度较大的 ρ_k 场服从对数正态分布规律。面积测量资料采用 3 σ 规则来分离局部异常, 分离弱异常的效果决定于矿体的埋藏深度、地形的起伏和测量的精度。局部物性特征的变异(地质体的不均匀性), 给异常场的分离造成干扰, 从而影响某项找矿方法的局部效果, 例如铀、镭元素的局部迁移程度的变异, 会在地表或氧化强烈的地带产生铀的矿化与 γ 强度不成正比关系的假象干扰等。

断裂构造带中的岩石破碎、充水、金属硫化物的含量变化以及铀矿化强度等, 均是造成矿体上电性异常多解性的主要原因, 岩石的各向异性、密度等物理参数的变化在较小的范围内造成一些影响。

表 3 列举的是三七四矿床所应用的主要综合物探方法。

表 3 三七四矿床综合物探方法

序号	方法名称	方法前提	地质任务	工作程度		备注
				精度	工作量	
1	地面 γ 详测	天然放射性特征	确定远景段	1/4 千~1/2 千	56 km^2	
2	地面 $\alpha\mu$ 详测	铀元素气晕	确定远景段	1/2 千	1.1 km^2	
3	深孔 γ 、 $\alpha\mu$ 测量	放射强度及氦气	研究深部场	点测	12	地面方法
4	γ - j 测量	上覆盖层导气优良	普查深部盲矿体	1/4 千~1/2 千	2.86 km^2	
5	双重四极加联剖	构造带中低电阻性	追索与矿化有关构造带	1/4 千	5.41 km^2	
6	地面激发极化法	极化率差异	间接圈定矿化带	1/4 千	0.7 km^2	
7	天然 γ 测井	井中天然放射性	确定矿化级厚度及含量		122 008 m	
8	综合测井	综合电性差	划分剖面岩性		3 个	井下方法
9	井温测井	地热	寻找致热地质体		3 个	
10	孔间透视法	电磁能吸收效应差异	圈定矿体范围确定产状		19 对	
11	井中充电法	构造带良导电性	确定含矿构造产状		3 个	

4 主要成果

(1) 将各种地面物探资料综合整理成地面物探异常场综合成果图。对重合性较好的异常晕圈,判断是综合参数较高的铀矿化带的反应。工程验证证明:异常晕圈重合性愈高,矿化就越好,最好的晕圈重合区,就位于矿床的中心部位。以此推断其余未进行充分工作的晕圈重合区应划为进一步工作的远景地段。

各类异常晕圈的形态、排列方向与矿化有关的 F_w 、 F_1 、 F_2 及 F_3 、 F_6 等构造断裂带的空间位置和展布方向完全吻合。反映异常晕圈与矿化构造断裂带密切相关。放射性 γ 异常直接反映了铀的矿化露头及其原生与次生晕圈,电性低阻带则指示铀的矿化主要是分布在构造断裂带里强烈破碎地段,而 α 径迹异常则指示深部铀矿化分布范围。

(2) 区内 F_w 硅化带三角面上的 γ 晕圈清晰突出,呈半封闭状态而且开口方向指向 F_w 的倾斜方向(NWW),指示了铀矿化向 F_w 上盘面的深部富集的趋势。

另铀矿化晕圈的有效面积与矿化规模有关,晕和异常场延拓的有效面积是随矿化规模的增长而增长的。矿床上、下盘的预测矿化规模,结果与后来经过勘探所控制的矿床规模相符。

(3) 天然 γ 测井井中 γ 场的(F_1 上盘面)异常晕圈的形态与铀矿化范围几乎完全重合, F_1 上盘面异常晕圈的长轴方向为 $NE25^\circ$ 与 F_w 以及主矿体走向也基本一致,但 F_w 上盘面的异常晕圈长轴则与 F_w 走向转折的地段方位相当($NE30^\circ$),并且 F_1 上盘矿体的主矿体在空间上与 γ 异常晕圈二者同处在 F_1 的中部,正好对应在 F_w 硅化断裂带产状变异的膨大部位,同时 F_w 上盘面的 γ 异常晕圈也分布在 F_w 硅化断裂带的中部产状变异膨大地段。对 1 号铀矿化带和 F_w 下盘相应地段,进行的相对 γ 场晕圈场级划分与钻探工程见矿情况对比,二者的符合程度也达到 70% 左右。

(4) 矿区进行了电磁波阴影法的应用,电磁阴影异常与矿化构造破碎带在空间上完全吻合,电磁波阴影异常的清晰,反映出整个构造破碎带铀矿化段与非矿化段的电磁吸收效应存在明显的差异,在构造破碎带中所产生的电磁阴影异常稳定而且与铀矿体密切相关。由于岩石的强烈破碎、充水以及金属硫化物的含量等因素,形成岩石的高电导率,而金属硫化物的含量与金属铀含量线性相关,导致在铀矿体上造成电磁吸收效应差异。地质观察表明,在构造破碎带内,岩石愈破碎铀矿化愈好,指示了电磁波阴影异常在 F_w 下盘地段均有效地反映了铀的矿化富集段。电磁波阴影异常推断的三条铀矿化富集带,它们各自向北渐趋收敛,并在 ZK302 与 ZK704 钻孔间尖灭。向南则撒开而且矿化有变富变厚的明显趋势。后经施工钻孔验证:向南分别在 2、4、6 号剖面上打到富矿体;向北在 ZK502 钻孔中仅在 F_{12} 构造破碎带中见到矿体,而在 ZK704 孔中 F_{12} 矿体已经很薄。从而以较高的钻孔命中率和地质、物探符合程度,证实了推断的正确性以及电磁波阴影法在矿床应

用上的有效性。

但在构造 F_w 上盘地段工作时,受到 F_1 成矿期后构造破碎带以及残留岩体——石英云母片岩等的严重干扰,在物性差异上与矿体极为接近,且在空间上(尤其是 F_1)与矿体交错,致使在观测成果中难于分辨出有意义的阴影异常。

(5) 在矿区 F_w 下盘地段应用井中人工充电法是为了进一步验证和扩充电磁波阴影法的成果。在矿床上共在 ZK902 及 ZK302 两个钻孔的六个见矿段进行充电法工作,采用直接在 F_{10} 、 F_{11} 、 F_{12} 三个矿层分别充电的工作方式。

在充电实际资料中,电位极大点(或等位线中心点)相对于充电平面间均向 NE 位移,电位等值线的最大封闭圈数随着充电点的深度加大而变少,电位等值线的长轴基本上呈 NE 向,所有的电位等值线一律在测区的北段封闭并向南逐个撒开,同时梯度零值线呈正阶梯状。

当随着充电点加深时,梯度(绝对值)右支大于左支,同时电位等值密度减小,总趋势往北收敛,往南发散,内部封闭圈似阶梯状往北抬高,形成一个扁平透镜体状的良好导体。反映了 F_w 下盘构造为自北变薄尖灭,往南膨胀变厚的张扭性帚状构造旋回面,为 F_w 下盘地段的总的构造特性的研究提供了有意义的资料。

(6) 地面电阻率法运用了联合剖面加对称四极的工作方法,在矿床上用于追索构造效果显著。

5 结语

综合物探方法在三七四矿床的普查和勘探工作中发挥积极的作用,尤其是井中 γ 场的研究和井中电磁波阴影法等为矿床的扩大提供重要的地质依据,更重要的是:①具大型工业规模的三七四矿床在区域放射性地球物理场中所处低、缓场地位的事实,及它的区域找矿远景意义;②矿床上矿体的综合物性特征的集中反映及其方法的综合效果,是矿化程度和规模的集中反映的重要资料和依据,也是矿床综合物探方法找矿效果前提;③井中电磁波阴影法等间接的方法,收到了直接找矿的效果。对于深入研究矿床并扩大矿区以及整个摩天岭岩体的找矿成果具有指示意义。

参考文献

- [1] 中南地质勘探局三〇五大队.桂北摩天岭花岗岩体铀矿成矿规律与成矿预测[Z].1980.
- [2] 郑大瑜.摩天岭岩体剥蚀程度的矿床成因信息[J].地质通讯,1981(3).
- [3] 捷姆,邹家衡.放射性异常延拓参数在估计矿化规模中的应用[J].放射性地质,1980(4):353-358.
- [4] 郑大瑜.三七四矿床井中相对 γ 场初步研究[J].地质通讯,1974.

收稿日期:2021-01-05

作者简介:黄绍华(1968—),男,汉族,广西荔浦人,工程师,本科,长期从事铀矿找矿工作。